نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۴۰۰، ص. ۱۰۶-۹۵
Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 1, March-April 2021, p. 95-106

مقاله پژوهشی

تأثیر آبیاری با آب مغناطیسی شده بر همزیستی بین سویا و ریزوبیوم

اکبر علی‌وردی[1]*- سمیرا کرمی[2]- حسین حمامی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱

چکیده

آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب افزایش کارایی مصرف آب در بقولات می‌شود. اما اطلاعاتی درباره وضعیت گره‌زایی باکتریایی بر روی ریشه آنها با چنین روش آبیاری وجود ندارد. بنابراین، پژوهشی به صورت گلدانی در شرایط هوای آزاد در محوطه گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان به اجرا درآمد تا تاثیر این روش آبیاری را بر همزیستی پنج رقم سویا با باکتری ریزوبیوم اختصاصی سویا بررسی کند. مغناطیسی کردن آب با عبور دادن آن از لوله آهنربایی با شدت میدان مغناطیسی ۰/۶۸ تسلا انجام گرفت. آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب خروج سریع‌تر گیاهچه‌ها از خاک شد. بجز در مورد تعداد دانه در غلاف، آبیاری با آب مغناطیسی شده توانست تمام ویژگی‌ها (وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوی نیتروژن اندام هوایی و ریشه، تعداد و وزن گره‌های باکتریایی، تعداد غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه بوته) را در تمامی ارقام سویا افزایش دهد ولی میزان این افزایش‌ها بسته به نوع رقم متفاوت بود. افزایش تعداد گره در ارقام امیر، زان، صبا، کوثر و هابیت به ترتیب برابر ۳۳/۷، ۵۵/۳، ۴۰/۱، ۶۲/۷ و ۵۱/۶ درصد بود. با این وجود، تنها در دو رقم زان و کوثر، آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک گره‌ها به ترتیب به میزان ۷۰/۰ و ۴۵/۱ درصد شد. آثار بهبود فعالیت باکتری تحت شرایط آبیاری با آب مغناطیسی شده بر عملکرد دانه بوته نیز نمایان شد. بطوری که افزایش عملکرد دانه تک بوته در ارقام امیر، زان، صبا، کوثر و هابیت به ترتیب برابر ۳۴/۸، ۳۵/۱، ۴۳/۴، ۲۶/۸ و ۲۱/۳ درصد بود. بنابراین آبیاری با آب مغناطیسی شده نه تنها سبب بهبود گره‌زایی سویا شده بلکه باعث افزایش عملکرد نیز می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بقولات، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، کارایی مصرف آب، گره باکتریایی، محتوی نیتروژن

مقدمه

بدون شک، آب نقشی محوری در ظهور، تکامل و نابودی تمدن‌های بشری بازی کرده است. متاسفانه، دنیا با بحران آب روبرو شده است. در سطح جهانی، بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف آب (۶۹ درصد) در مقایسه با بخش‌های صنعت (۱۹ درصد) و شهری (۱۲ درصد) مطرح است. در ایران، سهم آب مصرفی بخش کشاورزی بیش از ۹۲ درصد گزارش شده است. این در حالی است که میانگین بارندگی در ایران یک سوم دنیا است (۲۸). با توجه به اینکه الگوی بارندگی بیشتر در فصل‌های پاییز و زمستان توزیع شده است که فصل رشد عموم گیاهان نیست، آب به عنوان عامل محدود کننده مهمی در تولید اکثر گیاهان زراعی مطرح است بخصوص آنهایی که در فصول گرم سال پرورش داده می‌شوند مانند سویا. بنابراین، در سال‌های اخیر تمرکز رو به رشدی برای افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی شده است (۴۰) تا بدون افزایش بر میزان آب مصرفی در واحد سطح زمین بتوان عملکرد گیاه زراعی را افزایش داد. در این راستا، از جمله مهمترین ابتکارات می‌توان به فنآوری آبیاری تحت فشار اشاره کرد. اخیراً، فنآوری دیگری با عنوان آبیاری با آب مغناطیسی معرفی شده است. محققان متعددی گزارش کرده‌اند که آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب افزایش عملکرد در بقولاتی مانند لوبیا چشم بلبلی (۳۹ و ۴۴)، سویا (۱۹)، نخود فرنگی (۲۰)، نخود زراعی (۲۰، ۲۳ و ۳۰) و برخی از گیاهان زراعی و باغی مانند سیب زمینی (۱ و ۱۴)، کاهو (۱)، ذرت (۲۱)، گندم (۲۴)، کرفس (۲۹)، فلفل (۴۱)، گوجه فرنگی (۴۰)، بادمجان (۴۳)، کلزا (۲۶)، چغندرقند (۲۵)، کتان (۷)، فلفل سبز (۳۳)، سیر (۲) و خرما (۴۲) شده است. بنابراین، افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی مذکور از طریق آبیاری آنها با آب مغناطیسی شده به اثبات رسیده است.

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

DOI: 10.22067/jsw.2021.14972.0

افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی آبیاری شده با آب مغناطیسی نتیجه تغییراتی است که در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب بعد از عبور آن از میدان مغناطیسی اتفاق می‌افتد. محققان گزارش کرده‌اند که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب از جمله قابلیت هدایت الکتریکی (۴ و ۱۹)، تبخیرپذیری (۴۵)، pH (۱۶، ۱۸)، ظرفیت حل‌کنندگی (۳۴)، کشش سطحی (۳۷) و لزوجت (۱۰) آب با عبور دادن آن از میدان مغناطیسی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. متعاقباً، این تغییرات سبب تغییراتی در قابلیت هدایت الکتریکی خاک (۲۹ و ۳۲)، تحرک عناصر غذایی در خاک (۲۴)، ظرفیت نگهداری آب خاک (۶)، عبور آب از نیمرخ خاک (۴۳) و pH خاک (۱۹ و ۲۹) می‌شود. بنابراین، تغییرات ایجاد شده در بستر کشت گیاهان زراعی با آبیاری آن با آب مغناطیسی شده سبب افزایش رشد و نمو آنها می‌شود.

سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) گیاهی یکساله تابستانه از تیره بقولات است که برای استخراج روغن و پروتئین پرورش داده می‌شود. طبق آمارنامه کشاورزی، سطح زیر کشت سویا در سال ۹۶ حدوداً ۴۰ هزار هکتار بوده است که بیش از ۹۰ درصد سطح زیر سویا مربوط به استان‌های شمالی کشور است. سویا قادر است با گونه‌ای از باکتری گرم منفی به نام *Bradyrhizobium japonicum* رابطه همزیستی برقرار نماید. در این همزیستی، باکتری قادر است نیتروژن جوی (N_2) را به شکل نیتروژن آمونیاکی (NH_3) تثبیت کند. براساس تحقیقات قبلی، این باکتری می‌تواند تقریباً ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال تثبیت کند. این عمل باکتری می‌تواند حدوداً ۷۰ درصد نیاز سویا به نیتروژن را تامین کند (۳۶). رشد و نمو باکتری بستگی به جمعیت اولیه آن در خاک و شرایط محیطی خاک دارد. از جمله عوامل کاهنده فعالیت باکتری کمبود اکسیژن در خاک (۴۲)، pH خاکی خارج از محدوده ۵/۶ تا ۸/۰ (۳۱)، محتوی نیتروژن بالای خاک (۱۵) و کمبود رطوبت و مواد غذایی در خاک (۴۹) را می‌توان ذکر کرد.

نتایج بررسی قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۹) نشان داد که آبیاری سویا رقم DPX با آب مغناطیسی شده سبب افزایش بیش از ۱۱ درصدی در عملکرد دانه شد. تحقیق مذکور همانند سایر تحقیقاتی که تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی شده را بر عملکرد بقولات را مورد بررسی قرار داده‌اند (۲۰، ۲۳، ۳۰، ۳۹ و ۴۳) هیچ اطلاعاتی پیرامون وضعیت گره‌زایی باکتریایی بر روی ریشه بقولات در چنین روش آبیاری ارائه نداده‌اند. لذا، هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر آبیاری پنج رقم سویا با آب مغناطیسی شده بر همزیستی آنها با باکتری اختصاصی‌اش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت گلدانی در هوای آزاد محوطه دانشگاه بوعلی سینا همدان واقع در طول جغرافیایی ′۳۲°۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ′۵۲°۳۴ شمالی در بهار و تابستان ۱۳۹۷ انجام گرفت.

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل رقم سویا و نوع آب آبیاری انجام گرفت. عامل رقم سویا دارای پنج سطح (امیر، زان، صبا، کوثر و هابیت که همه آنها جزء ارقام سویای تیپ ۳ زود رس هستند) و عامل نوع آب آبیاری دارای دو سطح (آبیاری با آب تیمار نشده و آب مغناطیسی شده) بود. برای هر تیمار هشت تکرار در نظر گرفته شد.

در محیط آزمایشگاهی، بذرهای ارقام مختلف سویا (تهیه شده از موسسه اصلاح نهال و بذر کرج و مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان) به طور جداگانه با محلول هیپوکلرید سدیم پنج درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی سطحی شدند و با آب شرب شهری شستشو و بر روی پارچه‌ای قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس، بذرها به مدت پنج دقیقه در درون یک مایه تلقیح تجاری (بیوسوی، شرکت فناوری زیستی طبیعت، ایران) که حاوی 10^5 باکتری در میلی‌لیتر بود نگهداری شدند و مجدداً بر روی پارچه‌ای قرار داده شدند تا خشک شوند (۵ و ۳۷). در ۱۲ خرداد، دو بذر تلقیح شده با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در دو نقطه خاک درون گلدان‌های پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی شکل (طول ۳۰ × عرض ۳۰ × ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) در عمق ۳ سانتی‌متری خاک کاشته شد (چهار بذر در هر گلدان). هر گلدان به میزان ۲۵ کیلوگرم با خاک تهیه شده از عمق سطحی خاک (۰ تا ۱۵ سانتی‌متری) مزرعه‌ای که سابقه کشت سویا در آن وجود نداشت تهیه شده بود. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Soil characteristics of farm used in experiment

عمق خاک Depth (cm)	پتاسیم قابل جذب Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Available phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	بافت خاک Soil texture	درصد اندازه ذرات Particle size percentage: شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
0-15	610.01	13.81	0.80	7.6	2.61	1.41	Clay Loam	23.6	47.0	28.6

به هر کدام از گلدان‌ها هر دو روز یک بار تا رسیدن بـه ظرفیـت زراعی با استفاده از توزین گلدان‌ها آب افزوده شد (حجم برابری از آب برای هر گلدان تقریباً یک لیتر). قبل از افـزودن آب بـه گلـدان‌هـای مربوط به تیمـار آبیـاری بـا آب مغناطیسـی شـده، آنـرا از یـک لولـه مغناطیسـی ۳۵ سـانتی‌متـری سـاخت شـرکت انصـار ایـران (www.ansarco.biz/products/magnetic-water-softener) بـا مقطع یک اینچی و شدت میدان مغناطیسی ۰/۶۸ تسلایی عبـور داده شد (شکل ۱). سه روز پس از سبز شدن گیاهچه‌ها، تعداد بوته‌ها به دو بوته در هر گلدان تنک شد. هیچ بارندگی در طول اجرای آزمایش رخ نداد.

در ۴ شهریور، گیاهان نیمـی از تکرارهـا بـرای انـدازه‌گیـری وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد گره، وزن خشـک گـره، محتوی نیتروژن اندام هوایی و محتوی نیتروژن ریشه برداشت شـدند. برای اندازه‌گیری محتوی نیتروژن اندام هوایی و ریشه، ۵۰ میلـی‌گـرم از مواد گیاهی آسیاب شده بـرای هضـم بـه روش میکروکجلـدال بـه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجنـد ارسـال شـد (۸). در ۱۹ شـهریور، گیاهان نیمه دیگر تکرارها برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر بوته و اجزای آن (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانـه) برداشت شدند. در طـول دوره رشـد، هـر گلـدان حـدوداً ۴۶ لیتـر آب دریافت کرد. بنابراین با تقسیم کردن عملکرد دانه بدست آمـده از هـر گلدان (گرم در ۰/۰۹ متر مربـع مسـاحت گلـدان) بـه حجـم کـل آب افزوده شده به هر گلدان در طـول دوره رشـد (۴۶ لیتـر در ۰/۰۹ متـر مربع مساحت گلدان) می‌توان کـارایی مصـرف آب (گـرم بـه لیتـر) را محاسبه کرد (۴۸).

داده‌های بدست آمده از هر گلدان قبل از تجزیه و تحلیـل بـر دو (تعداد بوته در هر گلدان) تقسیم شدند. از آنجـا کـه داده‌هـا براسـاس خروجی آزمون شاپیرو-ویلک نرمال بودند؛ نیازی بـه عملیـات تبـدیل داده نداشتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۱ استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنـی‌دار (محافظـت شده) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه و برای نمایش آنها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تمام بذرهایی که در گلدان‌ها کاشته شده بودند، سبز شدند. با این وجود، گیاهچه‌هایی که با آب مغناطیسی شده آبیـاری شـده بودنـد در مقایسه با آنهایی که با آب تیمار نشده آبیاری شده بودند بـین ۱ تـا ۲ روز زودتر سبز شدند. این مشـاهده مطـابق بـا گـزارش آزمایشـگاهی گریوال و ماهش‌واری (۲۰) در مورد نخود فرنگی و نخود زراعی است. آنها گزارش کردند که آب مغناطیسی شده موجب افزایش معنـی‌دار در شاخص سرعت جوانه‌زنی در نخود فرنگی و نخود زراعی مـی‌شـود. از این مشاهده می‌توان چنین استنتاج کرد که با سبز شدن سریع‌تر، تـاج پوشش گیاه زراعی می‌تواند سریع‌تر بسته شود؛ بنابراین، قدرت رقابتی گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز افزایش می‌یابند. بـا توجـه بـه وزن هزار دانه بیشتر بذرهای گیاهان زراعی مختلف، به نظر مـی‌رسـد کـه افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌تواند به برتری رقابتی گیاه زراعی نسبت به علف‌های هرز منجر گردد. البته از آنجا که اثـر آب مغناطیسـی بـر واکنش بذر گیاهان زراعی و علف‌های هرز ممکن است متفاوت باشد، نیاز به بررسی و مطالعه در این زمینه می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه در مـورد ویژگی تعداد دانه در غلاف که به طور میانگین بین ۲/۳ تـا ۲/۹ دانـه در هر غلاف در نوسان بود (نتایج نشان داده نشده است)، اثرات سـاده رقم سویا و نوع آب آبیاری و اثر متقابل بین آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. این در حالی است که هـوزاین و همکـاران (۲۷) گزارش کرده بودند که آبیاری با آب مغناطیسی شـده سـبب افـزایش تعداد دانه در غلاف عدس و نخود فرنگی مـی‌شـود. در سـایر صـفات ارزیابی شده اثرات ساده رقم سویا و نوع آب آبیاری و اثر متقابل بـین آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جـدول ۲). بـه عبـارتی دیگر، آبیاری با آب مغناطیسی شده تاثیر معنی‌داری بـر ویژگـی‌هـای رشدی ارقام مختلف سویا تلقیح شده با باکتری داشت و میـزان تـاثیر نیز بسته به رقم سویا متفاوت بود.



شکل ۱- دستگاه مغناطیسی مورد استفاده برای انجام آزمایش
Figure 1- Magnetic device used to conduct experiment

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ارقام سویا تحت تیمار نوع آب آبیاری

Table 2- Analysis of variance of measured traits of soybean cultivar under type of irrigation

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean squares)										
		وزن خشک Dry weight			گره زایی Nodulation		محتوی نیتروژن Nitrogen content		تعداد غلاف Pod number	وزن صد دانه 100 seeds yield	عملکرد تک بوته Yield per plant	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
		اندام هوایی Shoot	ریشه Root	نسبت هوایی به ریشه Shoot/root	تعداد Number	وزن خشک Dry weight	ریشه Root	اندام هوایی Shoot				
رقم سویا Soybean cultivars	4	10.75 **	1.94 **	1.38 **	2408.3 **	0.393 **	652.0 **	646.2 **	750.8**	38.62**	165.94**	0.31**
نوع آبیاری Irrigation type	1	20.32 **	3.80 **	0.11 ns	12508.3 **	0.438 **	1230.3 **	1640.0 **	627.2 **	261.36 **	492.22 **	0.93 **
رقم سویا × نوع آبیاری Soybean cultivars × Irrigation type	4	6.18 **	0.69 **	0.81 **	559.7 **	0.121 **	154.7 **	39.2 **	137.2**	8.94**	14.28**	0.03**
خطا Error	70	0.065	0.061	0.05	54.4	0.006	3.81	4.17	22.46	0.95	0.42	0.0007
ضریب تغییرات (درصد) Coeff Var (%)	–	4.92	9.69	11.24	19.37	15.40	5.62	6.25	12.95	9.24	5.05	5.05

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

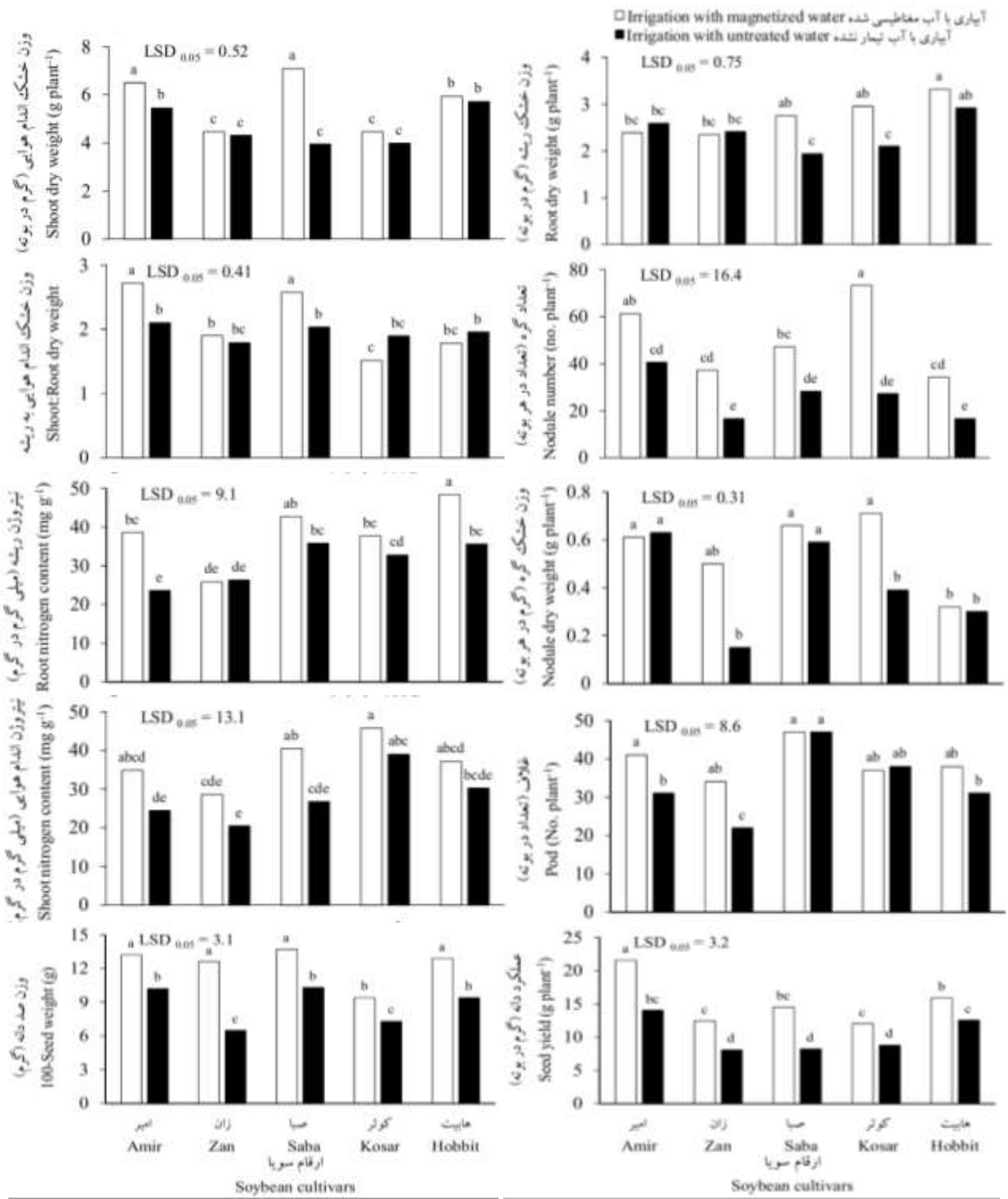
NS, *, and ** non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

در بین ارقام سویا، وقتی آنها بـا آب تیمـار نشـده آبیـاری شـدند، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در ارقام امیـر و صـبا مشـاهده شـد. آبیاری ارقام امیر و صبا بـا آب مغناطیسـی شـده سـبب افـزایش وزن خشک بوته آنها به ترتیب بـه میـزان ۱۶/۱ و ۴۴/۲ درصـد شـد. وزن خشک اندام هوایی سایر ارقام از نظر آماری تحت تاثیر آبیـاری بـا آب مغناطیسی شده قرار نگرفت (شکل ۱). بجز در مورد ارقام صبا و کوثر، آبیاری سایر ارقام سویا با آب مغناطیسی سبب افـزایش معنـی‌دار وزن خشک ریشه بوته نشد. میزان افزایش وزن خشـک ریشـه در ایـن دو رقم مذکور به ترتیب ۲۹/۴ و ۲۸/۸ درصد بود (شکل ۱). با این وجود، آبیاری ارقام امیر و صبا با آب مغناطیسی شده سبب افزایش معنـی‌دار نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشـه شـد (شـکل ۲). ایـن نشـان دهنده تخصیص منابع بیشتر به اندام هوایی در مقایسه با ریشه اسـت. در شرایطی این نسبت افزایش می‌یابد که ویژگی فیزیکی یا شیمیایی محیط ریشه به گونه‌ای تغییر کند که برای رشـد گیـاه مناسـب باشـد (۲۲). قبلاً گزارش شده است که آبیاری گیاهان با آب مغناطیسی شده سبب افزایش دسترسی منـابع غـذایی خـاک بـرای آنهـا (۲۴) و نیـز افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک (۶) می‌شود. با چنین تغییراتـی در محیط ریشه، نیاز کمتری برای رشـد ریشـه جهـت جسـتجوی منـابع وجود خواهد داشت. در مقابل، چنین تغییری در الگوی تخصیص منابع می‌تواند در کسب نور بیشتر به وسیله اندام‌های هوایی موثر باشد؛ لذا، می‌تواند سبب تولید دانه بیشتر (۳) و یا بهبود توان رقابتی گیاه در برابر علف‌های هرز (۳۵) شود.

نتایج نشان داد که تعداد گره تشکیل شـده بـر روی ریشـه تمـام ارقام سویا وقتی با آب مغناطیسی شده آبیاری شدند به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). میزان افزایش تعـداد گـره در ارقـام مختلـف سویا متفاوت بود. به طوری که افزایش تعداد گره در ارقام امیـر، زان، صبا، کوثر و هابیت به ترتیب برابر ۳۳/۷، ۵۵/۳، ۴۰/۱، ۶۲/۷ و ۵۱/۶ درصد بود. با این وجود، تنهـا در دو رقـم زان و کـوثر، آبیـاری بـا آب مغناطیسی شده سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک گره‌ها به ترتیب به میزان ۷۰/۰ و ۴۵/۱ درصد شد (شکل ۲). براساس تحقیقـات گذشـته (۳۱)، مناسب‌ترین محدوده pH خاک برای رشد و فعالیت باکتری بین ۶/۵ تا ۷/۰ تشخیص داده شده است. از طرفی دیگر، محققـان (۱۹ و ۲۹) ثابت کرده‌اند که آبیاری بـا آب مغناطیسـی شـده سـبب کـاهش حدوداً ۰/۵ واحدی در pH خاک می‌شـود. از اینـرو، در ایـن آزمـایش، آبیاری با آب مغناطیسی شده احتمالاً سبب شده است کـه pH خـاک اولیه که برابر ۷/۶ بود به محدوده مطلوب برای رشد و فعالیت باکتری نزدیک‌تر شود. همچنـین، براسـاس تحقیقـات گذشـته (۴۹)، رشـد و فعالیت باکتری به شرایط خشکی خاک نیـز وابسـته اسـت. از طرفـی دیگر، محققان ثابت کرده‌اند که آبیاری با آب مغناطیسی شـده سـبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک (۶) به دلیل کاهش تبخیرپـذیری آب (۴۵) می‌شود. از اینرو، در آزمایش حاضر، آبیاری با آب مغناطیسی شده احتمالاً شرایط رطوبتی مناسبی را برای رشـد و فعالیـت بـاکتری فراهم کرده است. آثار بهبود فعالیت باکتری تحت شرایط آبیاری با آب مغناطیسی شده بر محتوی نیتروژن اندام هوایی و ریشـه نیـز نمایـان شد. به طوری که محتوی نیتروژن اندام هـوایی در رقـم صـبا (۳۳/۹ درصد) و محتوی نیتروژن ریشه در ارقام امیر (۳۸/۷ درصد) و هابیـت (۲۶/۴ درصد) به طور معنی‌داری با آبیاری آنها با آب مغناطیسی شـده افزایش یافت (شکل ۲).

واکنش متفاوت ارقام سویا به آبیاری بـا آب مغناطیسـی شـده در تعداد غلاف در بوته نیز متفاوت بود. تنها در ارقام امیر (۲۴/۳ درصد) و زان (۳۵/۲ درصد) شاهد آن بودیم که آبیاری با آب مغناطیسی سـبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد (شـکل ۲). بـا ایـن وجـود، واکـنش تمامی ارقام سویا به آبیاری با آب مغناطیسی شـده در وزن صـد دانـه یکسان بود. به این معنی که وزن صد دانه در تـمامی ارقام سـویا بـا آبیـاری آنـها با آب مغناطیـسی افزایش یافت. افزایـش وزن صد دانه در ارقـام امیـر، زان، صبـا، کوثـر و هابیـت بـه ترتیـب برابـر ۲۲/۷، ۴۸/۴، ۲۴/۸، ۲۲/۳ و ۲۷/۱ درصد بود. در تحقیقات قبلی نیز محققان به افزایش معنی‌دار وزن صد دانه در عدس به میزان ۸/۴ درصد، نخود فرنگی به میزان ۱۹/۲ درصـد (۲۷)، نخـود زراعـی بـه میـزان ۱۲/۴ درصد (۲۳) و باقـلا به میزان ۱۷/۱ درصد (۱۶) با آبیاری آنهـا بـا آب مغناطیسی شده پی برده‌اند. البته لازم به ذکر است که شـدت میـدان مغناطیسی در تحقیقات قبلی با یکدیگر متفاوت بوده است. اما به طور کلی، با افزایش شدت میدان مغناطیسی تاثیرگـذاری آب مغناطیسـی شده بر عملکرد افزایش می‌یابد (۲۳).

وقتی ارقام مختلف سویا با آب تیمار نشده آبیاری شدند، بیشـترین عملکرد دانه در هر بوته در ارقام امیر (۱۴/۰ گـرم در بوتـه) و هابیـت (۱۲/۵ گرم در بوتـه) بدست آمد. عـمـلـکرد دانـه تک بوته در تمامی ارقام سویا با آبیاری آنها با آب مغناطیسی شـده بـه طـور معنـی‌داری افزایش یافت. افزایش عملکرد دانه تک بوته در ارقام امیر، زان، صـبا، کـوثر و هابیـت بـه ترتیـب برابـر ۳۴/۸، ۳۵/۱، ۴۳/۴، ۲۶/۸ و ۲۱/۳ درصد بود. در شرایط آبیاری با آب مغناطیسی، رقم امیر در مقایسه بـا سایر ارقام بالاترین بود. چنین افزایش قابل توجهی در عملکـرد دانـه تک بوته برخی از گیاهان زراعی که تحت شرایط گلخانـه‌ای پـرورش داده شده بودند نیز قبلاً گزارش شده است، برای مثال؛ نخـود زراعـی به میزان ۲۳/۲ (۲۳)، کتان به میزان ۸/۶ (۲۷)، کتان بـه میـزان ۵/۸ (۷)، گندم به میزان ۲۵/۰، عدس به میـزان ۲۱/۲، نخـود زراعـی بـه میزان ۳۱/۹ (۲۷) و باقلا به میزان ۳۸/۷ درصـد (۱۶). ایـن در حـالی است که تحت شرایط مزرعه‌ای افـزایش در عملکـرد دانـه در هکتـار سویا رقم DPX به میزان ۱۱/۲ درصد (۱۹) و نخود فرنگی به میـزان ۷/۸ درصد (۲۹) گزارش شده است.

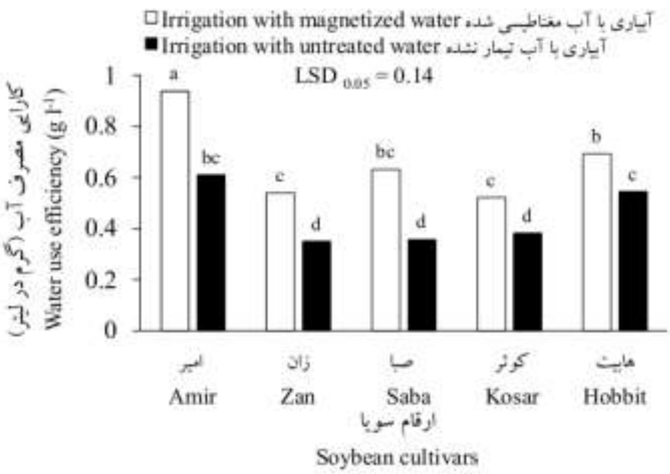


شکل ۲- تاثیر آبیاری با آب تیمار نشده (ستون سیاه) و مغناطیسی شده (ستون سفید) بر برخی ویژگی‌ها در ارقام مختلف سویا

میانگین (ستون)های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوتی ندارند.

Figure 2- Effect of irrigation with untreated (black column) and magnetized (white column) water on some traits in different soybean cultivars

The mean (columns) with the same letter were not statistically significant at the 5% level of probability based on the LSD test.



شکل ۳- تاثیر آبیاری با آب تیمار نشده (ستون سیاه) و مغناطیسی شده (ستون سفید) بر کارایی مصرف آب در ارقام مختلف سویا

میانگین (ستون)های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوتی ندارند.

Figure 3- Effect of irrigation with untreated (black column) and magnetized (white column) water on water use efficiency in different soybean cultivars

The mean (columns) with the same letter were not statistically significant at the 5% level of probability based on the LSD test.

با وجود اینکه تمامی واحدهای آزمایشی میزان آب برابری (۴۶ لیتر آب) را دریافت کردند؛ ولی عملکرد دانه تمامی ارقام سویا در روش آبیاری با آب مغناطیسی شده نسبت به روش آبیاری با آب تیمار نشده بیشتر بود (شکل ۳). این نشان دهنده بهبود کارایی مصرف آب در سویای آبیاری شده با آب مغناطیسی شده است. بالاترین کارایی مصرف آب در رقم امیر آبیاری شده با آب مغناطیسی بدست آمد. سلیم و النادی (۴۰) گزارش کردند که افزایش کارایی مصرف آب در گوجه فرنگی آبیاری شده با آب مغناطیسی شده به دلیل افزایش جذب عناصر بخصوص کلسیم از خاک است. آنها بیان کردند که افزایش کلسیم درون بافتی سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی گیاه، کاهش تولید رادیکال‌های تخریبگر غشاهای سلولی و حفظ فتوسنتز طبیعی آن می‌شود.

اگرچه علت دقیق اثر آب مغناطیسی شده کاملاً مشخص نشده است، ولی اثرات مثبت کاربرد آب مغناطیسی شده برای آبیاری گیاهان زراعی را به تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آب عبور کرده از میدان مغناطیسی، تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خاک و تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیکی در گیاهان زراعی آبیاری شده با چنین آبی نسبت داده‌اند. از جمله تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آب عبور کرده از میدان مغناطیسی می‌توان به کاهش در قابلیت هدایت الکتریکی (۴ و ۱۹)، کاهش در تبخیرپذیری (۴۵)، کاهش در pH (۱۷)، کاهش در کشش سطحی (۳۷)، افزایش در ظرفیت حل‌کنندگی (۳۴) و افزایش در لزوجت (۱۰) آن اشاره کرد. از جمله تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خاک می‌توان به کاهش در هدایت الکتریکی به دلیل افزایش در ظرفیت حل‌کنندگی آب مغناطیسی شده (۱۹، ۲۹ و ۳۲)، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک به دلیل کاهش در تبخیرپذیری آب مغناطیسی شده (۶)، افزایش در سرعت عبور آب از نیمرخ خاک به دلیل کاهش در گازهای آزاد موجود در آب مغناطیسی شده (۴۳) و کاهش در pH خاک به دلیل کاهش در pH آب (۱۹ و ۲۹) می‌شود. از جمله تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیکی در گیاهان زراعی آبیاری شده با مغناطیسی شده می‌توان به افزایش در میزان جیبرلیک اسید (۱۳)، افزایش در اکسین و فیتوکروم (۴۵)، افزایش در اسید آمینه پرولین (۴۰)، افزایش در کلروفیل‌های a و b (۴۷)، افزایش در ظرفیت جذب آب (۱۸)، افزایش در سرعت تقسیم سلولی (۱۱)، افزایش در نفوذپذیری غشاهای سلولی (۹)، افزایش در اندازه میتوکندری (۲۹)، افزایش در فشار اسمزی (۴۰)، سلول‌های اتاقک زیر روزنه بزرگتر، هدایت روزنه‌ای بیشتر (۱۹)، افزایش در محتوی نیتروژن و فسفر (۲۴) و نهایتاً افزایش در زیست توده گیاه زراعی شود.

در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که کاربرد آب مغناطیسی شده برای آبیاری سویا سبب افزایش در تعداد و وزن خشک گره‌ها شد. قبلاً اشاره شد که بهبود در شرایط رشدی باکتری ریزوبیوم با آبیاری با آب مغناطیسی شده (کاهش pH خاک و افزایش محتوی آب خاک) سبب افزایش تعداد و وزن خشک گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه ارقام مختلف سویا شده است. با توجه به اینکه آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب بهبود رشد گیاهان غیر بقولات (بخش مقدمه را ملاحظه کنید) نیز شده است، می‌توان بیان کرد که افزایش رشد سویای آبیاری شده با آب مغناطیسی شده احتمالاً موجبات تشکیل گره بیشتر در ریشه را فراهم ساخته است. به هر حال، آبیاری با آب مغناطیسی شده سبب بهبود در همزیستی بین سویا و ریزوبیوم شد.

روش آبیاری با آب مغناطیسی شده دوست دار محیط زیست است به دلیل اینکه با این روش نه ماده شیمیایی به محیط زیست وارد

می‌شود و نه اینکه اثرات جانبی به محیط زیست وارد می‌کند. تحقیقات نشان داده است که اثر مغناطیسی کردن آب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن با گذشت زمان از بین می‌رود. به طوری که کوی و کاس (۱۲) نشان دادند که پس از گذشت ۲۰۰ ساعت از مغناطیسی کردن آب ویژگی‌های تغییر کرده آن به حالت اولیه خود بر می‌گردد. بر اساس اطلاعات در دسترس ، گیاهان زراعی آبیاری شده با آب مغناطیسی شده دارای رشد رویشی بیشتری در مقایسه با آنهایی که با آب معمولی آبیاری شده‌اند هستند (۱۹). از اینرو، آنها در برابر انواع آفات (حشرات، عوامل بیماریزا و علف‌های هرز) احتمالاً مقاوم‌تر باشند. عبدل‌نابی و همکاران (۲) گزارش کردند که سیر آبیاری شده با آب مغناطیسی شده در مقایسه با آب تیمار نشده کمتر به عامل بیماریزای ریزوکتونیا آلوده است. بنابراین، با آبیاری گیاهان زراعی با آب مغناطیسی شده نه تنها می‌توان به تولید بیشتر رسید بلکه کاربرد انواع آفت‌کش‌ها که دارای پیامدهای زیانبار محیط زیستی هستند کاهش خواهد یافت. با این وجود، این موضوع می‌تواند مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری سویا با آب مغناطیسی سبب بهبود همزیستی بین آن با باکتری ریزوبیوم اختصاصی‌اش شد. همزیستی بهبود یافته به طور قابل توجهی منجر به افزایش در عملکرد دانه تک بوته و کارایی مصرف آب شد. بنابراین، همزیستی بهبود یافته از طریق آبیاری سویا با آب مغناطیسی شده می‌تواند اتکا به مصرف کود نیتروژن بصورت شیمیایی را در این گیاه کاهش داد. همچنین، این اتفاق می‌تواند وضعیت حاصلخیزی خاک برای سایر گیاهان زراعی در تناوب زراعی را نیز بهبود بخشد. افزایش عملکرد دانه تک بوته در تیمارهای آب مغناطیسی شده در مقایسه با آب معمولی در ارقام امیر، زان، صبا، کوثر و هابیت به ترتیب برابر ۳۴/۸، ۳۵/۱، ۴۳/۴، ۲۶/۸ و ۲۱/۳ درصد بود. بنابراین رقم‌های صبا و هابیت به ترتیب بیشترین و کمترین افزایش عملکرد دانه تک بوته را در تیمار آب مغناطیسی شده در مقایسه با آب معمولی نشان دادند. از نظر محیط زیستی با توجه به عدم ورود آلاینده و نهاده‌ای به مزرعه کاربرد آبیاری مغناطیسی توجیه پذیر است. علاوه بر این از نظر اقتصادی نیز با توجه به امکان استفاده به دفعات زیاد از دستگاه مغناطیسی کننده آب آبیاری، این روش مقرون به صرفه است.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های اجرایی این پژوهش توسط حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان تامین گردید که بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Abdel-Aziz A., Arafa Y.A., and Sadik A. 2017. Maximizing water use efficiency for some plants by treated magnetic water technique under east Owainat conditions. Egyptian Journal of Soil Science 57: 353–369.
2. Abdel-Nabi H.M.E., El-Shal Z.S.A., Doklega S.M.A., and Abdel-Razek M.E.A. 2019. Effect of magnetic water and fertilization requirements on garlic yield and storability. Journal of Plant Production, Mansoura University 10: 73–79.
3. Abdul-Qados A.M.S., and Hozayn M. 2010. Response of growth, yield, yield components and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water. World Applied Sciences Journal 8: 630–634.
4. Akopian S.N., and Aĭrapetian S.N. 2005. A study of specific electrical conductivity of water by the action of constant magnetic field, electromagnetic field, and low-frequency mechanical vibrations. Biofizika 50: 265–270.
5. Aliverdi A., Parsa M., and Hammami H. 2015. Increased soyabean-rhizobium symbiosis by magnetically treated water. Biological Agriculture & Horticulture 31: 167-176.
6. Al-Khazan M., Abdullatif B.M., and Al-Assaf N. 2011. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. African Journal of Environmental Science and Technology 5: 722–731.
7. Amira M.S., Qados A., and Hozayn M. 2010. Response of growth, yield, yield components, and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water. World Applied Sciences Journal 8: 630–634.
8. Anonymous. 2016. Oicial methods of analysis of AOAC international, 20th edn. Latimer GW (ed). AOAC International, Washington, DC.
9. Bondarenko N.F., Rokhinson E.E., Gak E.Z., and Klygina L.F. 1996. Magnetic equipment in agriculture. Russian Agricultural Sciences 2: 30–34.
10. Chang K.T., and Weng C.I. 2006. The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation. Journal of Applied Physics 100: 043917–043926.
11. Chastokotenko L.V. 1984. Effect of magnetic field on somatic cell division in plants. Journal of Cytology and Genetics 18: 18–22.

12. Coey J.M.D., and Cass S. 2000. Magnetic water treatment. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 209: 71–74.
13. Dalia A.S., Gendy A.A., Maria A.M., and Mousa E.M. 2009. Response of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) to magnetic technologies. In: Proceedings of the first Nile Delta Conference on Export Crops. Faculty of Agriculture, Menufiya University, Shibin El-Kom, Egypt. 30–31 March. p. 89–104.
14. Doklega S.M.A. 2017. Impact of magnetized water irrigation, soil mineral fertilization and foliar sparying with nanomaterial on potato plants. Journal of Plant Production, Mansoura University 8: 13–20.
15. Eaglesham A.R.J. 1989. Nitrate inhibition of root nodule symbiosis in doubly rooted soybean plants. Crop Science 29: 115–119.
16. El-Sayed H., and El-Sayed A. 2014. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. American Journal of Experimental Agriculture 4: 476–496.
17. Fathi A., Mohamed T., Claude G., Maurin G., and Mohamed B.A. 2006. Effect of magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. Water Research 40: 1941–1950.
18. Garcia-Reina F., and Pascual L.A. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations. Bioelectromagnetism 22: 589–595.
19. Ghadami Firouzabadi A., Khoshravesh M., Shirazi P., and Zare Abyaneh H. 2016. Effect of irrigation with magnetized water on the yield and biomass of soybean var. DPX under water deficit and salinity stress. Iranian Journal of Water Research 30: 131–143. (In Persian with English abstract)
20. Grewal H.S., and Maheshwari B.L. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. Bioelectromagnetics 32: 58–65.
21. Habiby H., Movahedi A., Khoshravesh M., and Saberi A. 2019. The effect of magnetic water on the yield of corn and the adsorption of potassium, zinc and iron. Journal of Agricultural Engineering 42: 131–142. (In Persian with English abstract)
22. Harris R.W. 1992. Root-shoot ratios. Arboriculture 18: 39–42.
23. Hozayn M., and Abdul-Qados A.M.S. 2010a. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1: 671–676.
24. Hozayn M., and Abdul-Qados A.M.S. 2010b. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. Agriculture and Biology Journal of North America 1: 677–682.
25. Hozayn M., Abd El-Monem A.A., Abdelraouf R.E., and Abdalla M.M. 2013. Do magnetic water affect water use efficiency, quality and yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plant under arid regions conditions? Journal of Agronomy 12: 1–10.
26. Hozayn M., Abdallha M.M., Abd El-Monem A.A., El-Saady A.A., and Darwish M.A. 2016. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. African Journal of Agricultural Research 11: 441–449.
27. Hozayn M., Abd El-Monem A.A., Abdul-Qados A.M.S., and Abd El-Hameid E.M. 2011. Response of some food crops to irrigation with magnetized water under greenhouse condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5: 29–36
28. Jani-Ismail M., and Yazdanian N. 2014. Analysis of the situation of water crisis in the country and its management requirements. Trends (Economic Research Trends) 21: 117–144.
29. Maheshwari B.L., and Grewal H.S. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. Agricultural Water Management 96: 1229–1236.
30. Mahmoudi Gh., Ghanbari A., Rastgoo M., Gholi Zade M., and Tahmasebi I. 2016. Evaluating the magnetic field effects on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) under mashhad climatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 14: 380–391. (In Persian with English abstract)
31. Meghvansi M.K., Prasad K., and Mahna S.K. 2005. Identification of pH tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains and their symbiotic effectiveness in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in low nutrient soil. African Journal of Biotechnology 4: 663–666.
32. Mohamed A.I. 2013. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. International Journal of Research in Chemistry and Environment 3: 140–147.
33. Mohammadian M., Fatahi R., and Nouri Emamzadei M.R. 2016. Investigation the effect of magnetic salt water on yield and yield components of green pepper. Irrigation Sciences and Engineering 39: 121–130. (In Persian with English abstract)
34. Moosa G.M., Khulaef J.H., Khraibt A.C., Shandi N.R., and Al-Braich M.S.K. 2015. Effect of magnetic water on physical properties of different kind of water, and studying its ability to dissolving kidney stone. Journal of Natural Sciences Research 5: 85–94.
35. Muller I., Schmid B., and Weiner J. 2000. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 3: 115–127.

36. Parsa M., Aliverdi A., and Hammami H. 2014. Activity of the recommended and optimized rates of pyridate on chickpea–*Mesorhizobium mediterraneum* symbiosis. Notulae Scientia Biologicae 6: 92–98.
37. Parsa M., Aliverdi A., and Hammami H. 2013. Effect of the recommended and optimized doses of haloxyfop-P-methyl or imazethapyr on soybean-*Bradyrhizobium japonicum* symbiosis. Industrial Crops and Products 50: 197-202.
38. Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., and Ghorbani R. 2009. Effects of a magnetic field and adjuvant in the efficacy of cycloxydim and clodinafop-propargyl on the control of wild oat (*Avena fatua*). Weed Biology and Management 9: 300–306.
39. Sadeghipour O., and Aghaei P. 2013. Improving the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) by magnetized water. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 3: 37–43.
40. Selim A.F.H., and El-Nady M.F. 2011. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. Acta Astronautica 69: 387–396.
41. Selim D.A., Gendy A.A., Maria A.M., and Mousa E.M. 2009. Response of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) to magnetic technologies. in: Proceedings of the first Nile Delta Conference on Export Crops (Improvement and Protection of the Egyptian Export Crops), Faculty of Agriculture, Menufiya University, Shibin El-Kom, Egypt. p. 89–104.
42. Sudsiri C.J., Nattawat J., Kongchana P., and Ritchie R.J. 2016. Effect of magnetically treated water on germination and seedling growth of oil palm (*Elaeis guineensis*). Seed Science and Technology 44: 1–14.
43. Surendran U., Sandeep O., and Joseph E.J. 2016. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. Agricultural Water Management 178: 21–29.
44. Tang Y., and Hollingsworth R.I. 1998. Regulation of lipid synthesis in *Bradyrhizobium japonicum*: low oxygen concentrations trigger phosphatidyl inositol biosynthesis. Applied and Environmental Microbiology 64: 1963–1966.
45. Toledo E.J.L., Ramalho T.C., and Magriotis Z.M. 2008. Influence of magnetic field on physical chemical properties of the liquid water: insights from experimental and theoretical models. Journal of Molecular Structure 888: 409–415.
46. Turker M., Temirci C., Battal P., and Erez M.E. 2007. The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants. PHYTON Annales Rei Botanicae 46: 271–284.
47. Wafaa K.T., Al-Zahrani H.S., and Kotbi A.M. 2007. The effect of static magnetic forces on water content and photosynthetic pigments in sweet basil *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). Saudi Journal of Biological Sciences 14: 103–107.
48. Yavuz D., Yavuz N., and Suheri S. 2016. Design and management of a drip irrigation system for and optimum potato yield. Journal of Agricultural Science and Technology 18: 817–830.
49. Zahran H.H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiology and Molecular Biology Reviews 63: 968–989.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 1, March-April 2021, p. 95-106

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۴۰۰، ص. ۱۰۶-۹۵

The Effect of Irrigation with Magnetized Water on the Symbiosis Between Soybean and Rhizobium

A. Aliverdi[1 *]- S. Karami[2]- H. Hamami[3]
Received: 27-04-2020
Accepted: 10-01-2021

Introduction: Since rainfall occurs often in the fall and winter, water is an important limiting factor to subsequent growing crops especially those in hot seasons like soybean. Therefore, there is a growing focus on increasing water use efficiency in crops in recent years. Recently, an irrigation technique so–called magnetized water has been introduced to increase water use efficiency. The researchers have reported that the physical and chemical properties of water including electrical conductivity, volatility, pH, solubility, surface tension, and viscosity can be affected by its passage through the magnetic field. Subsequently, these changes lead to alterations in soil electrical conductivity, soil nutrient mobility, soil water holding capacity, water passage through the soil profile and soil pH. Increased water use efficiency in soybean (11%) and many leguminous crops have been demonstrated through their irrigation with magnetized water. However, those studies have provided no information about the status of bacterial nodulation on legume root in such an irrigation method. Therefore, the main purpose of this study was to investigate the effect of irrigation with magnetized water on five soybean varieties on their symbiosis with specific bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*).

Materials and Methods: The experiment was conducted in the open air at the Bu Ali Sina University of Hamedan in 2018. A completely randomized design with two factors (soybean cultivar and irrigation water type) and eight replications was applied. The soybean cultivar had five levels (Amir, Zan, Saba, Kosar, and Hobbit) and irrigation water type had two levels (untreated and magnetically treated water). An equal volume of water (1 liter) was added to each pot every two days. Before adding water to pots for the irrigation with magnetized water, we passed it through a magnetic tube with a 35 cm long, 1-inch radius and a 0.68 T magnetic field intensity. On August 26, the plants of the half of replications were harvested to measure shoot dry weight, root dry weight, number of nodules, nodule dry weight, shoot nitrogen content and root nitrogen content. On September 10, the plants of the other half of replications were harvested to measure individual seed yield and its components (number of pods per plant, number of seeds per pod and 100-seed weight). By dividing the seed yield obtained from each pot to the total volume of water added to each pot during the growing season, water use efficiency can be calculated.

Results and Discussion: The soybean seedlings irrigated with magnetized water were green 1 to 2 days earlier than those irrigated with untreated water. The number of seeds per pod was not affected by soybean cultivar, irrigation water type, and their interaction. In other traits, the simple effects of soybean cultivar and irrigation water type and their interaction were significant at the 5% level of probability. The cultivars of Amir and Saba irrigated with magnetized water led to a higher shoot dry weight to root ratio, indicating the allocation of more resources to the shoot than to the root. The number of nodules formed on the root of all soybean cultivars (Amir (33.7%), Zan (55.3%), Saba (40.1%), Kosar (62.7%) and Hobbit (51.6%)) increased when they were irrigated with magnetized water. However, only in Zan (0.70%) and Kosar (45.1%), irrigation with magnetized water significantly increased the dry weight of nodules. The individual seed yield in all soybean cultivars (Amir (34.8%), Zan (35.1%), Saba (43.4%), Kosar (26.8%) and Hobbit (21.3%)) was significantly increased by irrigation with magnetized water, indicating an improved water use efficiency in soybean irrigated with magnetized water. Based on previous research, the most suitable soil pH range for bacterial growth and activity was found to be between 6.5 and 7.0. On the other hand, other researchers have shown that irrigation with magnetized water reduces the soil pH by approximately 0.5 units. Hence, in our experiment, irrigation with magnetized water probably caused the initial soil pH which was 7.6 to be closer to the optimal range for bacterial activity. Also, according to previous study, bacterial activity is also dependent on soil dry conditions. On the

1 and 2- Assistant Professor and M.Sc. Student of Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2021.14972.0

other hand, other researchers have shown that irrigation with magnetized water increases soil water storage capacity due to reduced water vaporization. Therefore, in our experiment, irrigation with magnetized water probably provided good moisture conditions for bacterial activity.

Conclusion: The results showed that the irrigation of soybean with magnetized water improved its symbiosis with its specific rhizobium. Improved symbiosis increased plant seed yield and water use efficiency. Therefore, improved symbiosis by irrigating soybean with magnetized water can reduce the reliance on nitrogen fertilizer application in this plant. It can also improve the status of soil fertility for other crops in crop rotation.

Keywords: Bacterial nodule, Legumes, Nitrogen biological fixation, Nitrogen content, Water use efficiency